

## 9.4. Altyapılar

Geniş bir bakış açısıyla altyapılar sadece su ve elektrik şebekeleri sistemleri değil aynı zamanda yol ve ulaşım sistemlerini de içermektedir. Bu raporda körü hasarları Kısım 9.5’te ve ulaşım ağıyla ilgili hasarlarda Kısım 9.6’da tanımlanmıştır.

Kentlerde yaşayan insanlar altyapı sistemlerine çok güvenerek modern ve rahat kent hayatının rahatlığını yaşar. Bir deprem anında kendi evleri çok hasar görmese bile su ve elektrik servisleri kesilen evlerinde yaşamaları çok zorlaşacaktır. Bundan dolayı, altyapılara gelecek olan sismik hasar bilgisi bir sismik afet yönetim planı hazırlamak açısından çok önemlidir.

Bu bölümde aşağıdaki 5 tip altyapı dikkate alınmıştır:

- 1) İçme Suyu Boruhatları
- 2) Kanalizasyon Boruhatları
- 3) Doğal Gaz Boruhatları ve Servis Kutuları
- 4) Elektrik Hatları
- 5) Telekomünikasyon Hatları (Fiberoptik)

Altyapı sistemleri, tesisler ve bağlantılar olarak iki büyük sınıfta toplanabilir. Tesisler trafolar ve arıtma tesisleri gibi yapılardır. Bağlantılar tedarik ve dağıtım amaçlarına hizmet eden borular yada kablolar gibi yapılardır. Bu Çalışmada bağlantılar için istatistiki bir yaklaşım uygulanmıştır.

Bu çalışmada tesislere gelecek olan hasar hesaplanmamıştır, çünkü bu yapılar amaçları ve lokasyonları bakımından farklılık göstermektedir ve analiz için istatistiki bir yaklaşım uygulanabilir değildir. Bu tesislerin hasar hesaplaması için ayrıca detaylı araştırmalar yapılması gereklidir.

Silivri, Çatalca, ve Büyükçekmece ilçeleri altyapı hasar hesaplamalarına dahil edilmemiştir çünkü yeterli bilgi mevcut değildir yada sağlanamamıştır.

### 9.4.1. İçme Suyu Boruhatları

#### (1) Hasar Hesaplama Metodu

Birçok araştırmacı boruhatları hasarı ile en yüksek zemin ivmesi (PGA) yada en yüksek zemin hızı (PGV) gibi sismik parametreler arasında bir bağıntı ortaya koymuşlardır. Kubo

ve Katayama (1975), konuyla ilgili ilk çalışmalardan birini, içme suyu şebekesi hasar oranı ile PGA arasındaki bağıntıyı Japonya, ABD, ve Nicaragua'daki tecrübelerden yola çıkarak rapor etmişlerdir. 1995 Kobe depreminde Kobe şehrinde içme suyu boruhattında meydana gelen hasar en iyi bilinen örneklerden biridir ve şehir ve çevresindeki hasar dağılımı ve sismik hareket detaylı şekilde incelenmiştir. Isoyama (1998) boru hasarları ile sismik hareket, zemin durumu, boru malzemesi, vb. gibi çeşitli parametreler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sismik parametre olarak PGA ve PGV değerleri kullanılmış ve PGV'nin kendi analizlerine göre daha iyi bir ilişki gösterdiği ortaya çıkmıştır. Japon Suişleri Birliği (1998), kendi çalışmalarını temel alarak "İçme Suyu Boruhatları için Sismik Hasar Hesaplaması Prosedürü" adıyla bir rapor yayınlamıştır.

Toprak (1998), 1994 Northridge Depremi'ni detaylıca incelemiştir. PGA, PGV, ve birçok diğer sismik parametreleri kullanarak bunların hasar oranlarıyla olan ilişkisini araştırmıştır. Çalışmasında PGV'nin en iyi ilişkiyi gösterdiği PGA'nin ise ikinci en iyi ilişkili parametre olduğu sonucuna varmıştır.

Bu çalışmalar temel alınarak, Çalışmada boru hasarlarının hesaplanması için sismik parametre olarak PGV seçilmiştir.

Şekil 9.4.1 Japon Suişleri Birliği (1998) ve Toprak (1998) tarafından toprak altı dökme demir (CI) su boruları için geliştirilmiş olan hasar fonksiyonunu göstermektedir. Bu şekil HAZUS99 (FEMA, 1999)'da kullanılmış olan hasar fonksiyonunu da göstermektedir.

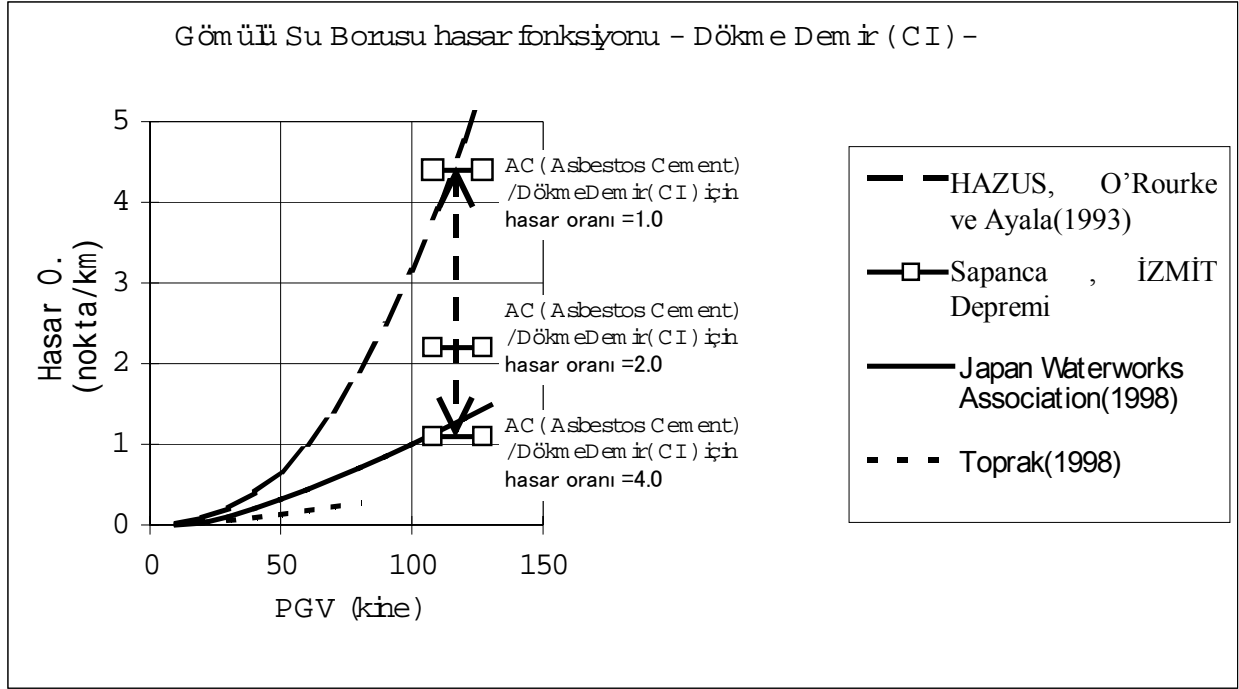
Türkiye'de boruhatları ile ilgili sismik hasarlar konusunda yapılmış olan nicel çalışmalar çok azdır. Sarıkaya ve Koyuncu (1999) İzmit depreminden dolayı Sapanca'da meydana gelmiş olan su boruhattı hasarlarını rapor etmişlerdir. Sarıkaya ve Koyuncu (1999)'ya göre, Sapanca'da depremden önce yaklaşık 90km içme suyu boruhattı mevcutken 400 hasarlı nokta rapor edilmiştir ki bu da km'de 4.4 hasar noktası anlamına gelir. Ek olarak neredeyse bütün boruların AC (asbestli çimento) malzemeli olduğuna dikkat çekmişlerdir. Bu tip boruların CI ve PVC borularla karşılaştırıldığında kırılma oldukları bilinmektedir. Japonya'da AC (asbestli çimento) boruların hasar oranının CI borularınının 1-4 katı daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Malesef Sapanca'daki deprem hareketi gözlemlenememiştir. Kudo (2001) İzmit Depremi sırasında Adapazarı şehir merkezinde sismik hareketin 108 - 127 kine (cm/sec) arasında olduğunu hesaplamıştır. Sapanca'daki sismik hareketin de bundan çok farklı olmayacağı tahmin edilmektedir. Yukarıda bahsedilen analiz ile hesaplanmış olan İzmit depreminden dolayı Sapanca'da meydana gelen hasar oranı Şekil 9.4.1 'de gösterilmiştir. Sapanca'daki hasar oranı HAZUS99 ve Japon Suişleri Birliği'nin hasar fonksiyonlarının arasında bir değer göstermektedir.

HAZUS99 hasar fonksiyonu Japon Suişleri Birliği’de dahil olmak üzere diğer hasar fonksiyonlarından daha fazla hasar oranı göstermektedir. HAZUS99 hasar fonksiyonunda O’Rourke ve Ayala (1993)’nin yapmış olduğu çalışma temel alınmıştır. Toprak (1998) çalışmalarının, çok uzun süreli olmasından dolayı yüksek hasar oranları ortaya çıkarmış olan 1985 Michoacan, Mexico Depremi hasarları temel alınarak gerçekleştirildiğinin altını çizmektedir.

Toprak (1998)’ın hasar fonksiyonu HAZUS99’den daha az bir oran göstermektedir. . Toprak çalışmasında Los Angeles Şehri’ni zemin durumunu dikkate almayan güçlü hareket kayıtlarından enterpolasyonu yapılmış olan birçok “izosismal alanlara” bölmüş, ve aşınmış ve korozyona uğramış olan boruların etkisini azaltmak amacıyla sadece 150km’den fazla boruhattı bulunan alanları analizde kullanmıştır. Bu ortaya çıkan düşük hasar oranlarının bir nedeni olabilir. Toprak dökümanında bu yaklaşımın “geniş sistem- geniş tepki(the large system-wide response)”yi temsil ettiğini belirtmektedir.

Kobe depreminin büyüklüğü (M=7.4) senaryo depremlerin büyüklükleri (M=7.5, 7.7) ile yakındır. Isoyama (1998) analiz için güçlü hareket istasyonlarının 2km çevresindeki boruların hasarlarını kullanmıştır. Bu yaklaşım zemin durumunun hasar oranlarına etkisini daha kesin şekilde yansıtmaktadır.

Yukarıdaki değerlendirmeler ışığında, analizde hasar hesaplaması için Japon Suişleri Birliği (1998) tarafından geliştirilmiş olan hasar fonksiyonu seçilmiştir.



**Şekil 9.4.1 Dökme Demir (CI) Su boru hasarları ile PGV arasındaki ilişki**

İstanbul için hasar fonksiyonu, Japon Suişleri Birliği (1998)'nin hasar fonksiyonu temel alınarak aşağıdaki gibi formüle edilmiştir:

$$R_m(PGV) = R(PGV) \times C_p \times C_d \times C_g \times C_l$$

$R_m(PGV)$ : Hasar Oranı (nokta/km)

PGV: En Yüksek Zemin Hızı (kine = cm/sn)

$$R(PGV) = 3.11 \times 10^{-3} \times (PGV-15)^{1.3}$$

$C_p$ : boruhattı malzemesi katsayısı

1.0	Beton
0.3	Çelik
0.3	Düktül Demir
1.0	Galvanize Demir
0.1	Polietilen
0.0	Yüksek Yoğun Polietilen

$C_d$ : boruhattı çapı katsayısı

1.6	90mm'den az
1.0	100-175mm arası
0.8	200-450mm arası
0.5	500mm'den fazla

Cg: zemin durumu katsayısı

1.5 Yd, Sd, Ym

1.0 Qal, Ksf, Oa, Q

0.4 Diğer

Cl: sıvılaşma katsayısı

2.0 Ym, Yd, Sd, Qal, Ksf, Oa, Q

1.0 Diğer

## (2) Hesaplanan Hasar

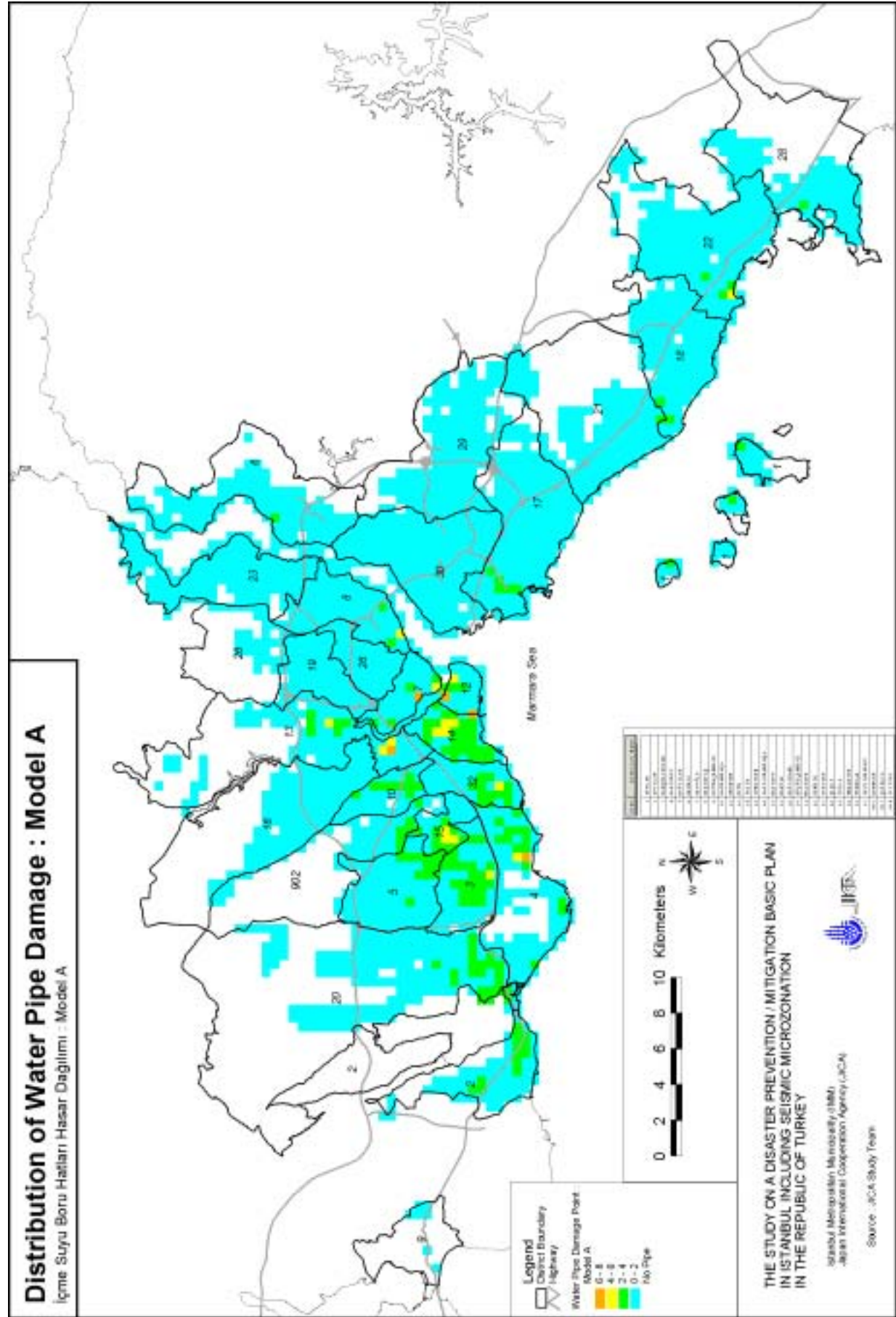
Hasar hesaplamasının tanımı Tablo 9.4.1’de gösterilmiştir.

**Tablo 9.4.1 İçme Suyu Boruhatları Hasar Hesaplamasının Tanımı**

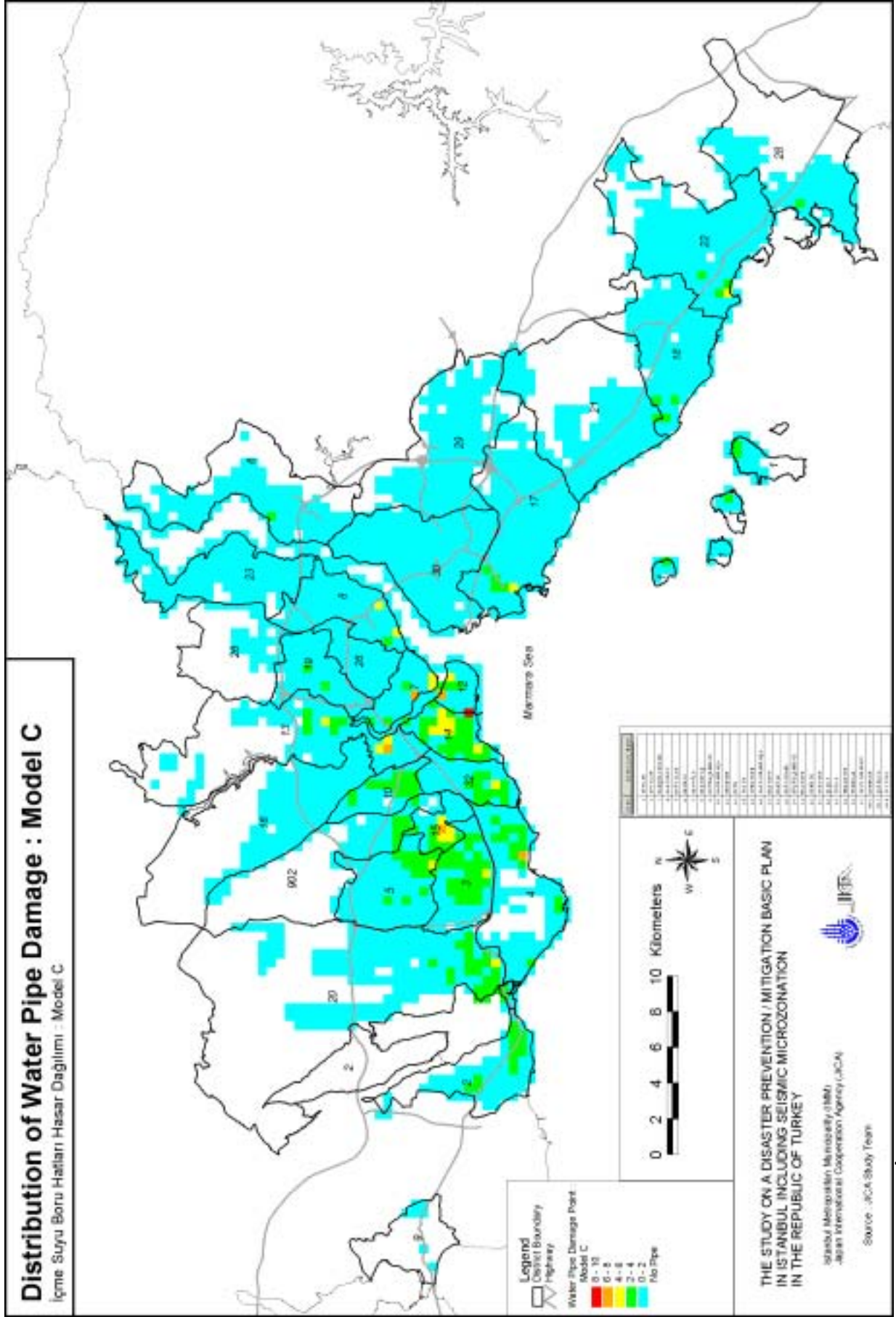
Amaç	Dağıtım, Servis Boruları
Hasarın İçeriği	Boru yada bağlantıların kırılması Bağlantıların çıkması
Hasar Miktarı	Hasarlı nokta sayısı

Hasar her bir 500m gridda hesaplanmış ve Şekil 9.4.2 ile Şekil 9.4.3’de gösterilmiştir. İlçe bazında hasarlar toplanmış ve Tablo 9.4.2’de gösterilmiştir.

Model A ve Model C için hesaplanan hasarlar sırasıyla 1,400 ve 1,600 noktadır. Boruhattı şebekesindeki hasar Avrupa yakasında yoğunlaşmıştır. En yüksek hasar oranı Fatih ve Güngören’de ortaya çıkmaktadır.



Şekil 9.4.2 İçme Suyu Boru Hattı Hasar Dağılımı: Model A



Şekil 9.4.3 İçme Suyu Boru Hattı Hasar Dağılımı: Model C

**Tablo 9.4.2 İçme Suyu Boruhattı Hasarı**

No	İlçe Adı	Boru Uzunluğu (km)	Hasarlı Nokta Sayısı	
			Model A	Model C
1	Adalar	59	20	21
2	Avcılar	187	65	66
3	Bahçelievler	321	107	115
4	Bakırköy	207	98	97
5	Bağcılar	391	87	98
6	Beykoz	189	16	21
7	Beyoğlu	220	46	54
8	Beşiktaş	234	24	31
10	Bayrampaşa	207	48	55
12	Eminönü	126	37	41
13	Eyüp	262	60	69
14	Fatih	321	110	122
15	Güngören	169	64	70
16	Gaziosmanpaşa	372	23	30
17	Kadıköy	527	71	85
18	Kartal	394	62	71
19	Kağıthane	264	21	27
20	Küçükçekmece	523	130	142
21	Maltepe	352	48	56
22	Pendik	432	59	69
23	Sarıyer	276	13	19
26	Şişli	247	15	21
28	Tuzla	138	29	32
29	Ümraniye	293	14	19
30	Üsküdar	471	32	42
32	Zeytinburnu	180	66	70
902	Esenler	205	31	36
Toplam		7,568	1,395	1,577



## 9.4.2. Kanalizasyon Boruhatları

### (1) Hasar Hesaplama Metodu

Kanalizasyon boruhatları için hesaplama formülü içme suyu hatları ile aynıdır. Aşağıdaki değerler halihazırda Japonya’da kullanılmakta olan figürler temel alınarak herbir faktör için kullanılmıştır.

Cp: boruhattı malzemesi katsayısı

0.5 malzeme hakkında bilgi yok

Beton boru olarak tahmin edilmekte (Hume Pipe)

Cd: boruhattı çapı katsayısı

0.6 çap hakkında bilgi yok

150 - 500mm arasında olduğu tahmin edilmekte

Cg: zemin durumu katsayısı

1.5 Yd, Sd, Ym

1.0 Qal, Ksf, Oa, Q

0.4 Diğer

Cl: sıvılaşma katsayısı

2.0 Ym, Yd, Sd, Qal, Ksf, Oa, Q

1.0 Diğer

### (2) Hesaplanan Hasar

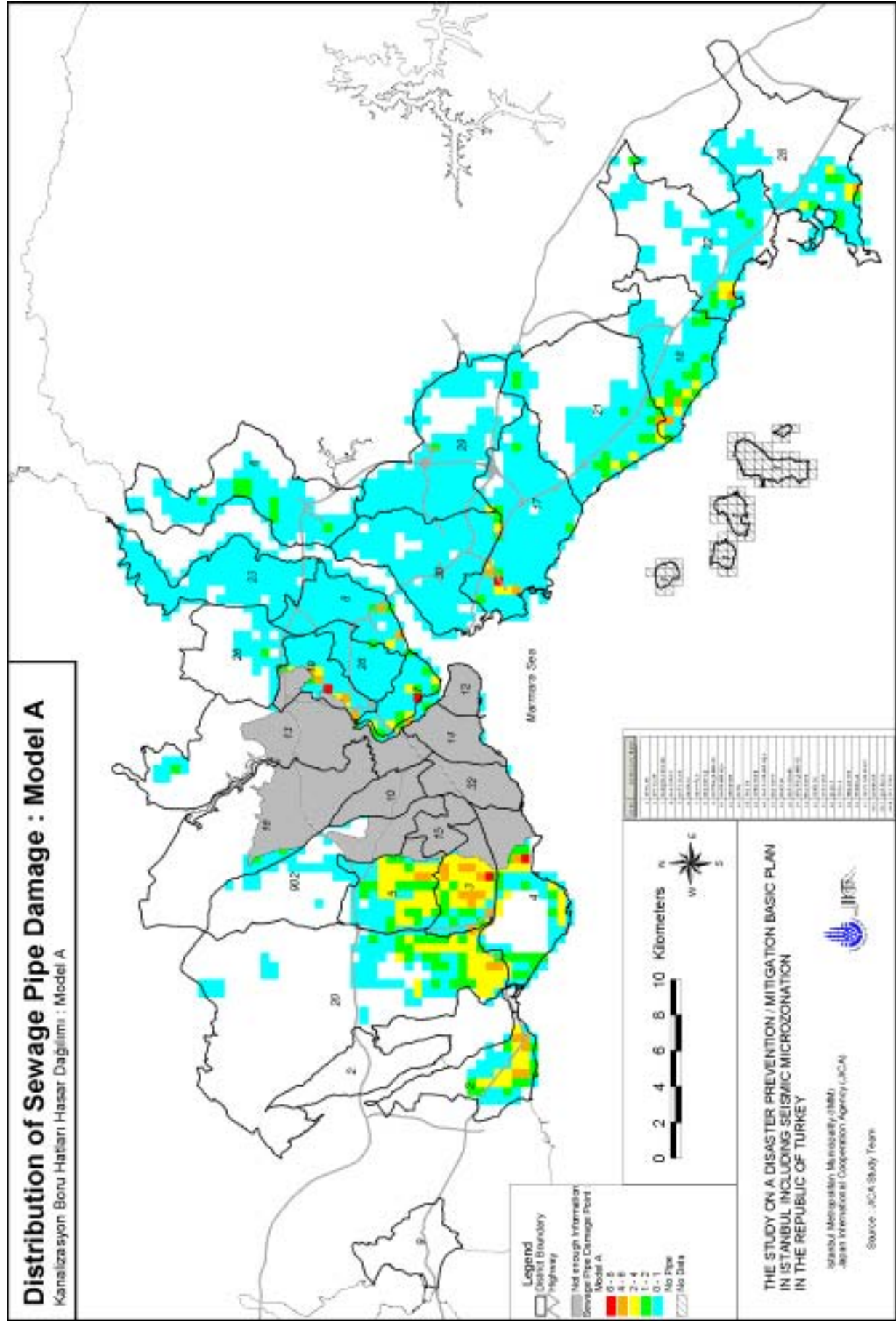
Hasar hesaplamasının tanımı Tablo 9.4.3 ’de gösterilmiştir.

**Tablo 9.4.3 Kanalizasyon Boruhattı Hasar Hesaplamasının Tanımı**

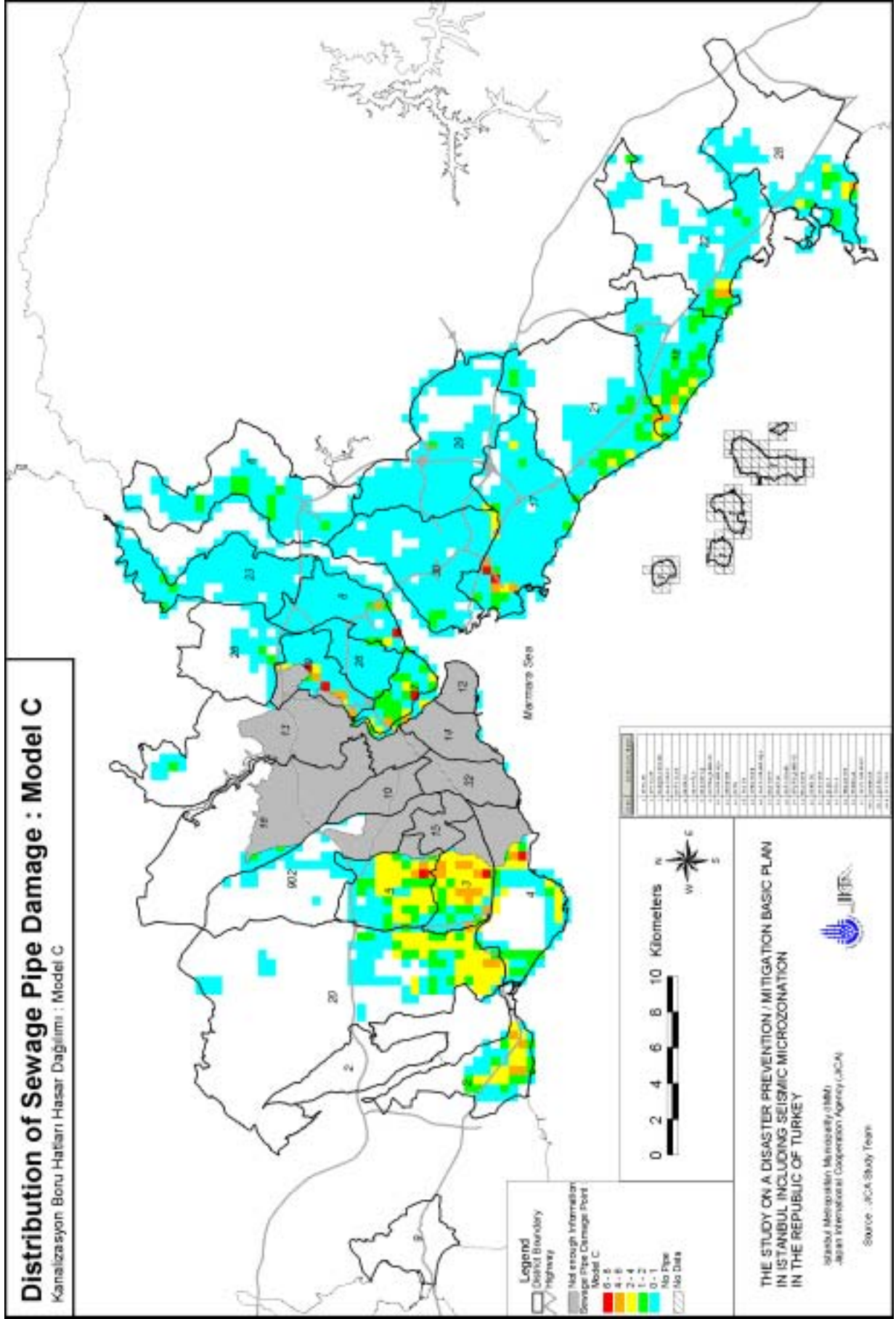
Amaç	Tüm Borular
Hasarın İçeriği	Boru yada bağlantıların kırılması Bağlantıların çıkması
Hasar Miktarı	Hasarlı nokta sayısı

Hasar herbir 500m griddede hesaplanmış ve Şekil 9.4.4 ile Şekil 9.4.5 ’de gösterilmiştir. Hasarlar ilçe bazında toplanmış ve Tablo 9.4.4 ’de gösterilmiştir. Birçok ilçe bu tabloda bulunmamaktadır çünkü bu ilçelerle ilgili yeterli bilgi mevcut değildir.

Model A ve Model C için hesaplanmış olan hasar sırasıyla yaklaşık olarak 1,200 ve 1,300 noktadır. Bu rakamlar yeterli bilgi mevcut olmayan birçok ilçeyi kapsamamaktadır.



Şekil 9.4.4 Kanalizasyon Boru Hatları Hasarı Dağılımı: Model A



Şekil 9.4.5 Kanalizasyon Boru Hatları Hasarı Dağılımı: Model C

**Tablo 9.4.4 Kanalizasyon Boruhattı Hasarı**

No	İlçe Adı	Boru Uzunluğu (km)	Hasarlı Nokta Sayısı	
			Model A	Model C
2	Avcılar	229	85	85
3	Bahçelievler	422	152	162
4	Bakırköy	183	93	91
5	Bağcılar	474	121	136
6	Beykoz	318	20	28
7	Beyoğlu	271	48	57
8	Beşiktaş	286	28	36
10	Bayrampaşa	Yeterli veri mevcut değil		
12	Eminönü			
13	Eyüp			
14	Fatih			
15	Güngören			
16	Gaziosmanpaşa			
17	Kadıköy	613	87	103
18	Kartal	398	71	81
19	Kağıthane	289	57	70
20	Küçükçekmece	525	152	165
21	Maltepe	402	63	73
22	Pendik	245	44	51
23	Sarıyer	307	12	18
26	Şişli	261	17	23
28	Tuzla	145	44	47
29	Ümraniye	343	21	28
30	Üsküdar	463	36	46
32	Zeytinburnu	Yeterli veri mevcut değil		
902	Esenler			
Toplam		6,174	1,152	1,299

### 9.4.3. Doğalgaz Boruhatları ve Servis Kutuları

#### (1) Hasar Hesaplama Metodu

##### a. Boruhattı

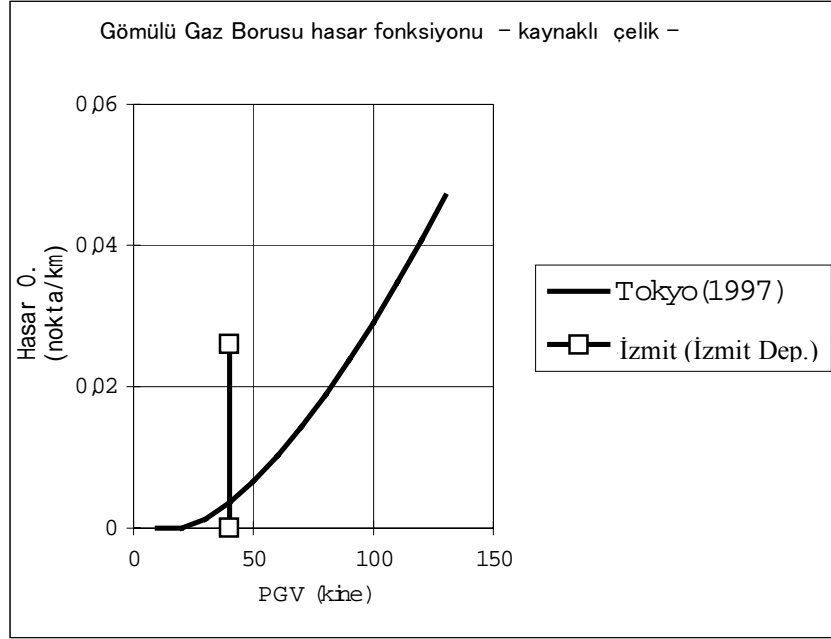
Şekil 9.4.6 'de kaynaklı çelik gaz boruları için Tokyo Büyükşehir Bölgesinin Afet Önleme Konseyi (1997) tarafından deprem hasar hesaplamalarında kullanılmış olan hasar fonksiyonu gösterilmektedir. Bu hasar fonksiyonu, 1995 Kobe Depremi sırasında Kobe şehrinde meydana gelmiş olan hasardan yola çıkılarak geliştirilmiştir. Polietilen borular hasar görmemiş olarak dikkate alınmıştır.

Bazı dökümanlarda İzmit depremi sırasında doğalgaz boruhatlarında meydana gelen hasarlar rapor edilmiştir. *Tohma et al.* (2001)'da Avcılar bölgesinde ağır bina hasarları meydana gelmiş olmasına rağmen polietilen borulardan oluşan doğalgaz dağıtım hatlarında hasar meydana gelmemiş olduğu rapor edilmiştir. *Kudo et al.* (2002) İzmit depremi sırasında Avcılar bölgesindeki PGV değerini 35 kine olarak hesaplamıştır.

*O'Rourke et al.* (2000) İzmit şehrindeki hasarı rapor etmiştir. İzmit'te 367km uzunluğunda orta yoğunlukta polietilen (MDPE) boru mevcut iken hasara rastlanmamıştır. İzmit'te bir güçlü hareket sismometresi vardır ve PGV değeri 40 kine olarak kaydedilmiştir, fakat sismometre istasyonu sert kaya zeminde kurulmuş olduğundan şehir genelinde PGV değeri daha yüksek olabilir.

Tokyo Büyükşehir Bölgesi Afet Önleme Konseyi (1997) tarafından oluşturulmuş olan hasar fonksiyonu temel alınarak İzmit'teki boruhatlarında meydana gelen hasar çelik borular için 0.14 nokta olarak hesaplanmıştır. Bu da İzmit'te "hasarsız" sonucunu yansıtmaktadır. Eğer İzmit'te çelik borularda bir noktada hasar meydana gelirse hasar oranı 0.026 nokta/km olarak meydana çıkmaktadır. Bundan dolayı 0.0 ile 0.026 nokta/km arasındaki değerler istatistiksel olarak "hasarsız" olarak dikkate alınmalıdır.

Yukarıdaki değerlendirmelerden sonra, bu analizde hasar hesaplamaları için Tokyo Büyükşehir Bölgesi Afet Önleme Konseyi (1997)'nin hasar fonksiyonu kullanılmıştır.



**Şekil 9.4.6 Kaynaklı Çelik Gaz Boruları ve PGV Arasındaki İlişki**

İstanbul için hasar fonksiyonu Tokyo Büyükşehir Bölgesi Afet Önleme Konseyi (1997) temel alınarak aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$R_m(PGV) = R(PGV) \times C_p \times C_g \times C_l$$

$R_m(PGV)$ : Hasar Oranı (nokta/km)

PGV: En Yüksek Zemin Hızı (kine = cm/sn)

$$R(PGV) = 3.11 \times 10^{-3} \times (PGV-15)^{1.3}$$

$C_p$ : boruhattı malzemesi katsayısı

0.01 çelik

0.00 Polietilen

$C_g$ : zemin durumu katsayısı

1.5 Yd, Sd, Ym

1.0 Qal, Ksf, Oa, Q

0.4 Diğer

$C_l$ : sıvılaşma katsayısı

2.0 Ym, Yd, Sd, Qal, Ksf, Oa, Q

1.0 Diğer

#### b. Servis Kutusu

DİE sayım verileri doğalgaz tesisatlarıyla ilgili bilgi içermektedir. Toplamda, 186,000 bina (= %25.6) doğalgaz sistemine sahiptir.

Doğalgaz servis kutuları binaların zemin katına yada dış duvarlar üzerine yerleştirilmektedir. Eğer bina çökerse, servis kutusu hasar görecektir. Gaz boruhattı hasar görmese dahi servis kutusundan bir patlamaya neden olabilecek gaz sızıntısı meydana gelebilir. Bu Çalışmada, tüm ağır hasarlı binalardaki servis kutuları ile orta hasarlı binaların yarısındaki servis kutularının hasar göreceği tahmin edilmektedir. Aşağıdaki değerlendirmeler bu öngörüğü desteklemektedir:

O'Rourke *et al.* (2000)'a göre İzmit depreminden önce İzmit'te 26,000 doğalgaz kullanıcısı vardı ve 860 servis kutusu hasar gördü. İzmit'te bir binadaki hane sayısı ortalamasının İstanbul'daki ile aynı olduğu öngörülmüştür (4.2 hane/bina). Bundan dolayı, yaklaşık 6,190 binada servis kutusu bulunmaktaydı. İzmit için bina hasar tahmini mevcut olmadığından dolayı, İzmit için hasar oranı Gölcük ve Değirmendere'nin yarısı olarak öngörülmüştür. Kabeyasawa *et al.* (2001) bu alanlarda ağır hasarlı bina oranının %16 ve orta hasarlı bina oranının %18 olduğunu rapor etmiştir. Bu öngörülere dayanarak İzmit'te 774 servis kutusunda hasar meydana geldiği hesaplanmıştır.

## (2) Hesaplanan Hasar

Hasar hesaplamasının tanımı Tablo 9.4.5 'te gösterilmiştir.

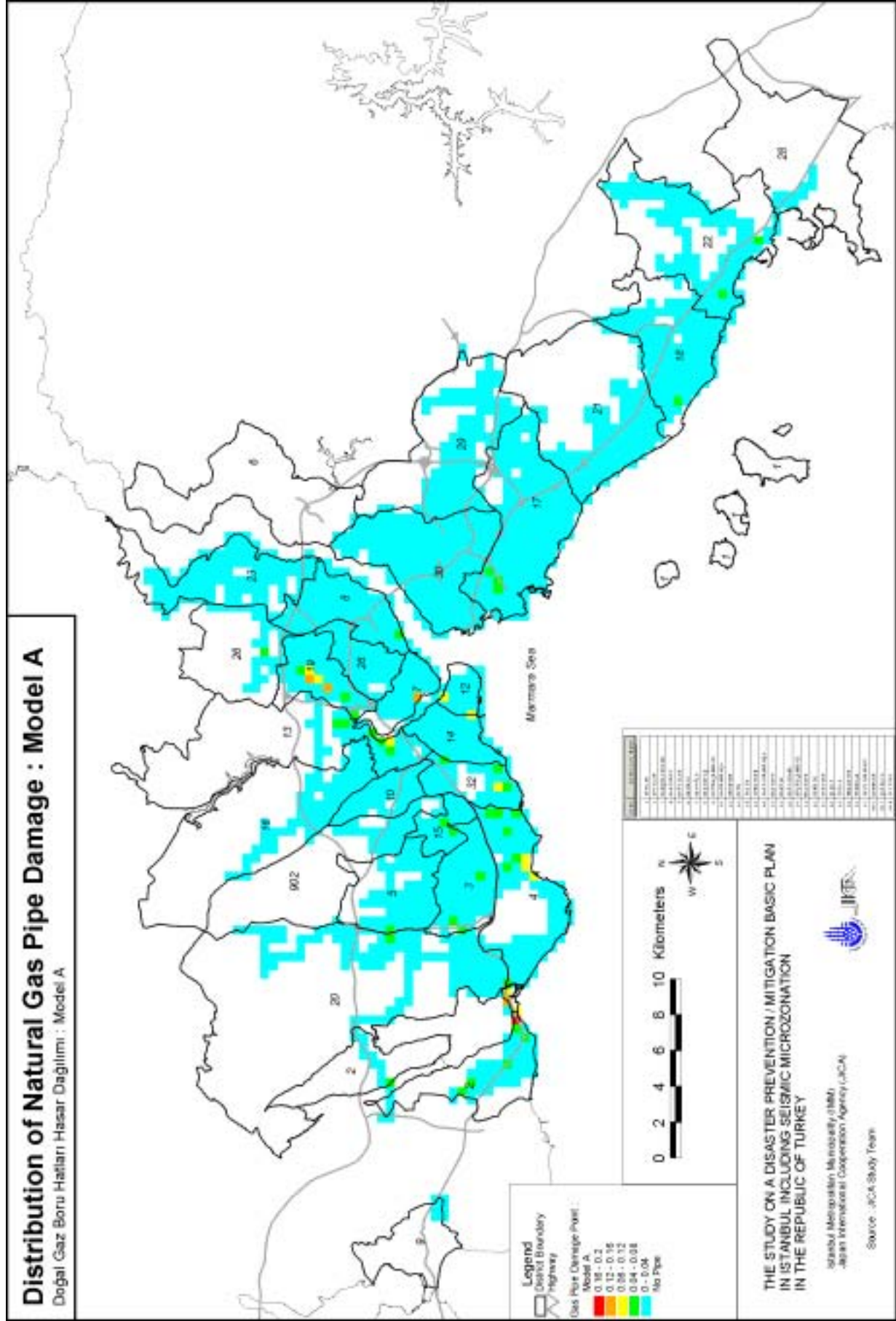
**Tablo 9.4.5 Doğalgaz Boruhattı Hasar Hesaplaması Tanımı**

Amaç	Dağıtım,Servis Boruları	Servis Kutusu
Hasarın İçeriği	Boruların yada bağlantıların Kırılması Bağlantıların çıkması	Kutunun Kırılması
Hasar Miktarı	Hasarlı nokta sayısı	Hasarlı kutu sayısı

Hasar herbir 500m gride hesaplanmış ve Şekil 9.4.7 ile Şekil 9.4.10'de gösterilmiştir. Hasar ilçe bazında toplanmış ve Tablo 9.4.6 'de gösterilmiştir.

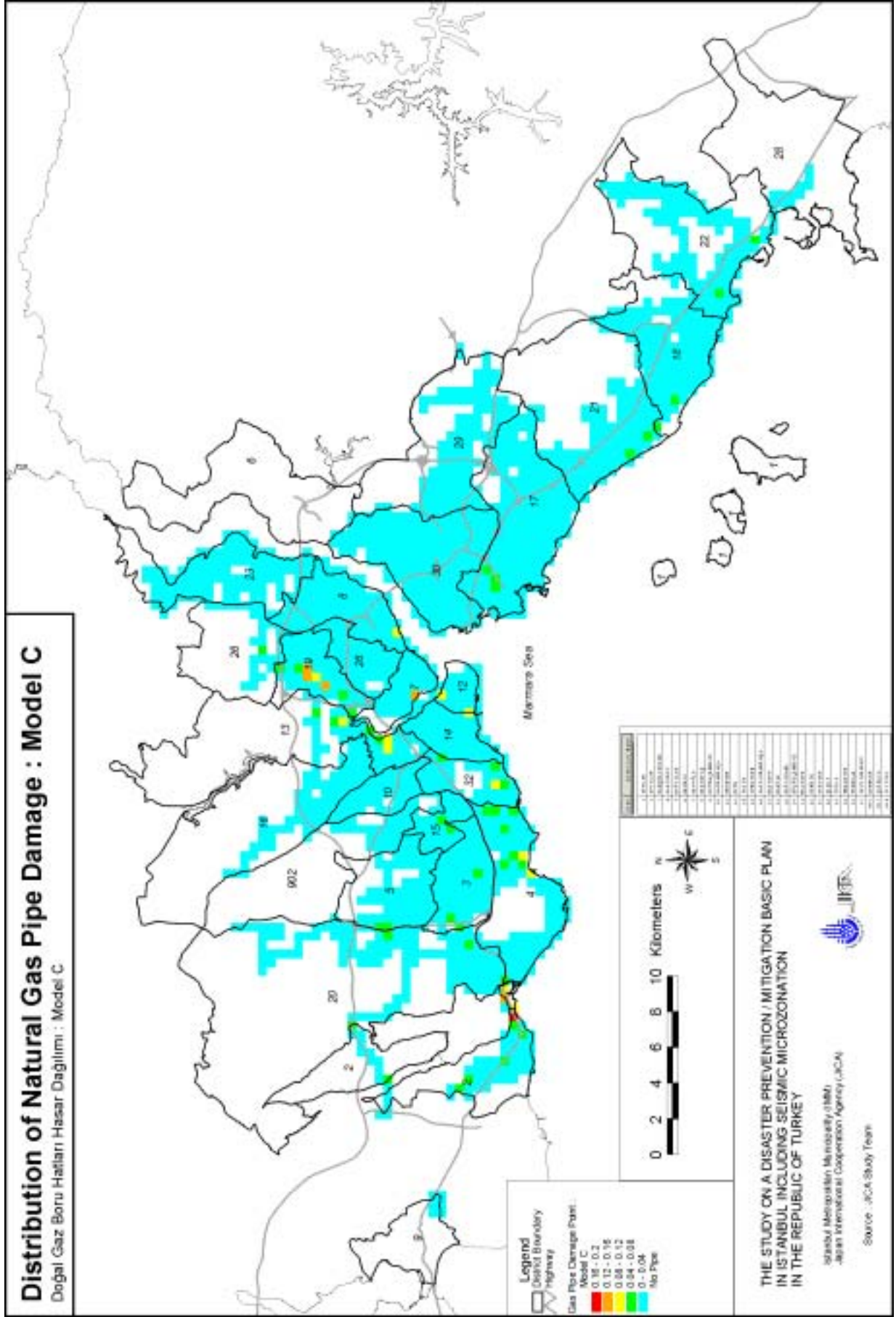
Doğalgaz boruhattı sisteminde hasar çok azdır. Bunun ana nedeni İstanbul'daki doğalgaz boruhattlarının yeni inşa edilmiş olması ve İGDAŞ'ın geçmiş deprem hasar tecrübelerine göre yüksek esneklik ve deprem dayanırlığına sahip olan polietilen boruları kullanmış olmasıdır. Bununla birlikte, servis kutusu hasarları zayıf bina yapılarından dolayı 25,000'in üzerindedir.

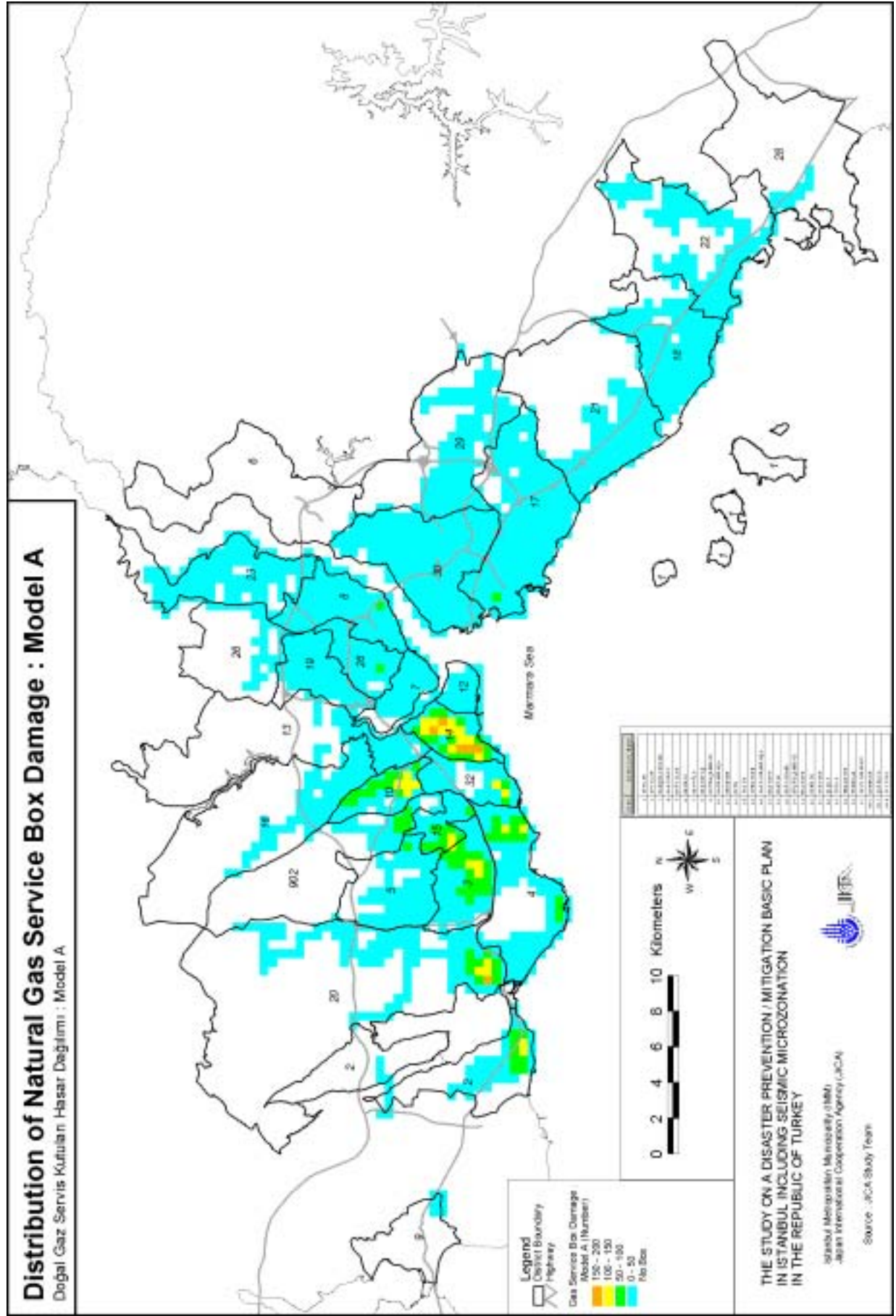




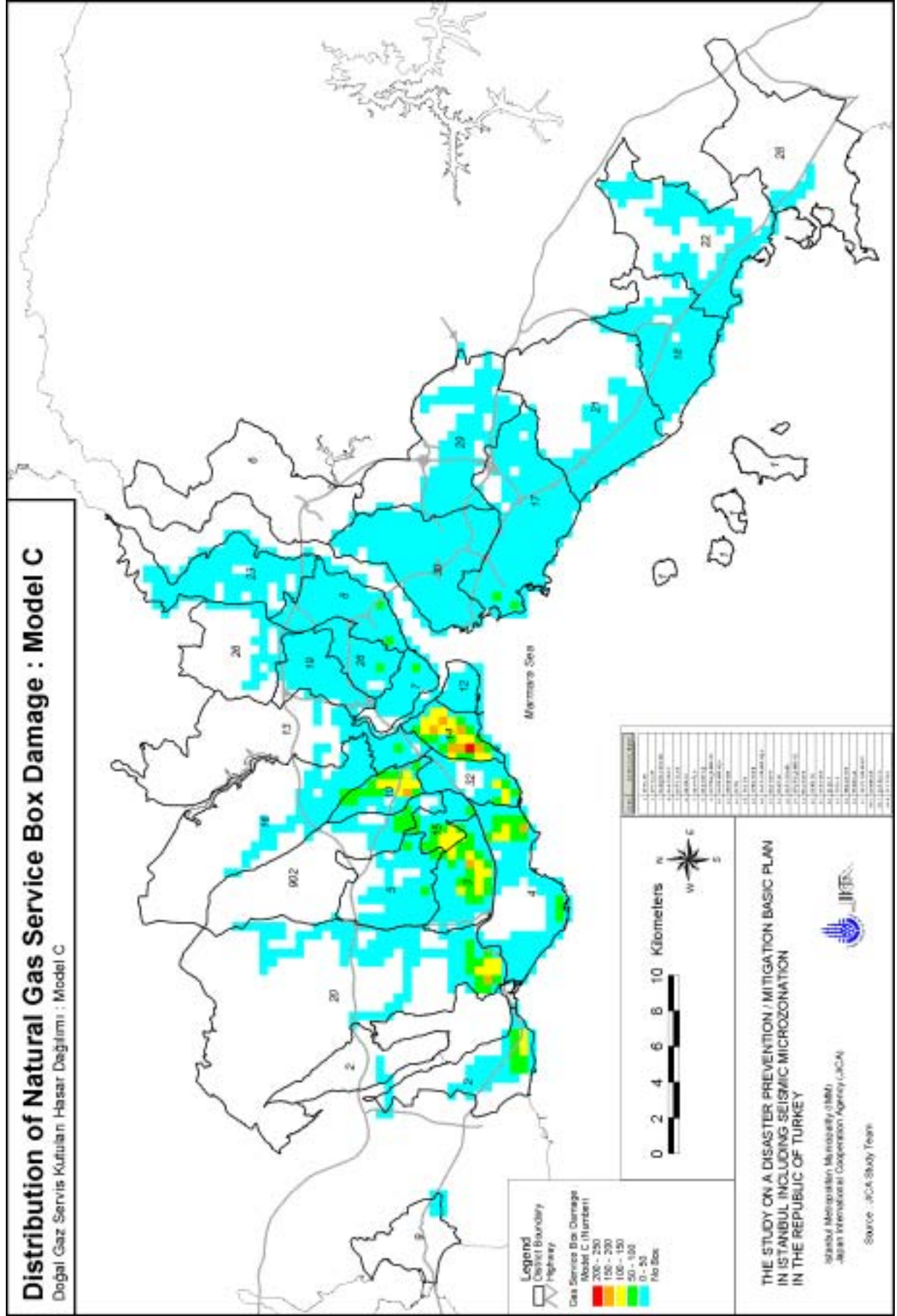
Şekil 9.4.7 Doğalgaz Boru Hatları Hasar Dağılımı: Model A







Şekil 9.4.9 Doğalgaz Servis Kutularının Hasar Dağılımı: Model A



Şekil 9.4.10 Doğalgaz Servis Kutuları Hasar Dağılımı: Model C

**Tablo 9.4.6 Doğalgaz Boruhatları ve Servis Kutuları Hasarı**

No	İlçe Adı	Boru Uzunluğu (km)	Hasarlı Nokta Sayısı		Servis Kutusu Sayısı	Hasarlı Kutu Sayısı			
			Model A	Model C		Model A		Model C	
2	Avcılar	119	1	1	4,263	1,254	29%	1,426	33%
3	Bahçelievler	240	1	1	11,305	2,457	22%	2,866	25%
4	Bakırköy	194	1	1	7,978	2,208	28%	2,490	31%
5	Bağcılar	171	1	1	4,841	679	14%	807	17%
7	Beyoğlu	101	0	0	3,776	449	12%	510	14%
8	Beşiktaş	217	0	0	9,290	551	6%	656	7%
10	Bayrampaşa	163	0	0	11,866	1,981	17%	2,246	19%
12	Eminönü	39	0	0	511	90	18%	100	20%
13	Eyüp	86	1	1	3,167	456	14%	498	16%
14	Fatih	214	1	1	15,243	3,620	24%	4,033	26%
15	Güngören	150	0	0	7,211	1,374	19%	1,653	23%
16	Gaziosmanpaşa	182	0	0	7,886	544	7%	631	8%
17	Kadıköy	462	1	1	17,963	1,532	9%	1,868	10%
18	Kartal	295	0	1	7,959	1,145	14%	1,272	16%
19	Kağıthane	111	1	1	1,924	114	6%	133	7%
20	Küçükçekmece	252	1	1	8,260	1,811	22%	2,023	24%
21	Maltepe	251	0	1	8,038	944	12%	1,096	14%
22	Pendik	186	1	1	3,940	649	16%	725	18%
23	Sarıyer	171	0	0	6,281	130	2%	151	2%
26	Şişli	173	0	0	8,088	466	6%	574	7%
28	Tuzla	5	0	0	146	26	18%	28	19%
29	Ümraniye	207	0	0	6,576	275	4%	330	5%
30	Üsküdar	520	0	0	22,726	1,121	5%	1,325	6%
32	Zeytinburnu	88	1	1	2,146	620	29%	700	33%
902	Esenler	75	0	0	3,572	491	14%	589	16%
Toplam		4,670	11	13	184,956	24,985	14%	28,729	16%



#### 9.4.4. Elektrik Hatları

Yüksek gerilimli elektrik hatları için, kağıt üzerindeki hatların haritası GIS verisine dönüştürülmüştür. Bununla birlikte orta ve düşük gerilimli hatlar dağıtım şirketi tarafından hazırlanmış olan istatistiki tablolar şeklinde mevcut bulunmaktadır. Herbir 500m grid içerisindeki kablo uzunluğu 1/1,000 ölçeğe bina dağılım haritası temel alınarak hesaplanmıştır.

##### (1) Hasar Hesaplama Methodu

O'Rourke *et al.* (2000), İzmit depreminde elektrik dağıtım sisteminde meydana gelmiş olan hasarı rapor etmiştir. Üretim, iletim ve dağıtım ekipmanlarında California, Japonya, ve diğer yerlerdeki geçmiş deprem tecrübelerine benzer fiziksel hasarlar meydana geldiği işaret edilmiştir. Bazı gözlemler aşağıdaki gibidir:

- Üretim tesisleri genellikle deprem sırasında önemli bir hasara karşı dayanırlığa ve geniş deformasyonlara yol açmayacak temellere sahiptir.
- İletim kuleleri ve kabloları deprem hasarına karşı dayanırlığa sahiptir, hatta yüzey faylanması sonucunda yerdeğiştirme meydana gelse dahi durum böyledir.
- Toprak altı hatları binalara yada yüzey elektrik hatlarına bağlandıkları noktada kablo izolasyonlarının azalması ve fiziksel ve elektriksel etkilerden dolayı hasara karşı dayanıksızdırlar.

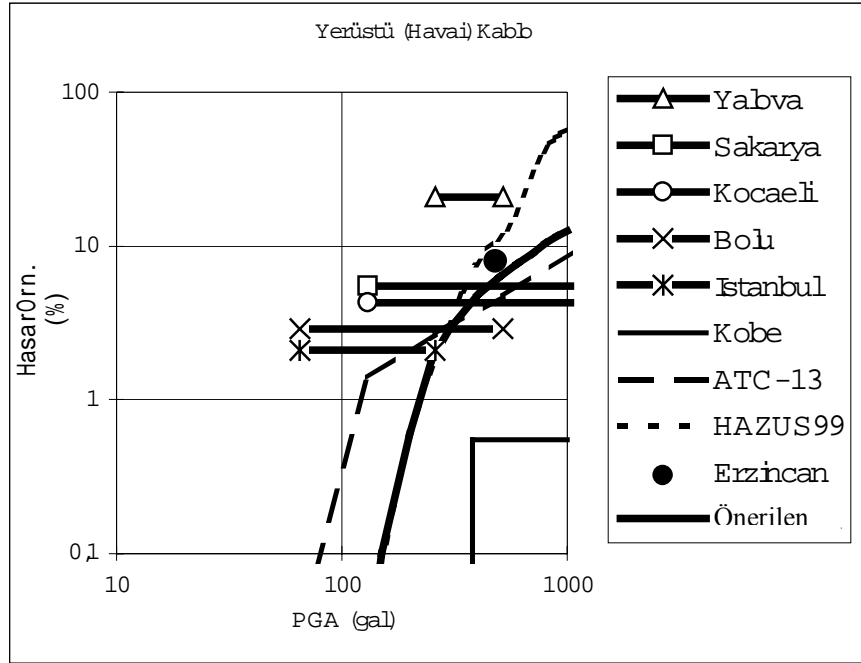
Bu raporlar beş önemli ilçe için deprem öncesi toplam uzunluğu ile hasarlı kablo uzunluğu ve diğer tesisler ile ilgili istatistiki bilgi sağlamaktadır. Toprak altı ve üstü (havai) kabloların hasar oranları Şekil 9.4.11 ve Şekil 9.4.12. 'de gösterilmiştir. Herbir ilçedeki sismik şiddet ERD'in izosismal haritasından okunmuş ve Trifunac and Brady (1975) kullanılarak PGA'ye çevrilmiştir.

1992 Erzincan depremi sırasında Erzincan'da meydana gelen toprak üstü (havai) hatlardaki hasar da Şekil 9.4.11 ve Şekil 9.4.12. 'de gösterilmiştir. Kawakami *et al.* (1993) tarafından 50km'lik havai hatların 4km'sinin ve 32km'lik toprak altı hatların 1.8km'sinin onarımına ihtiyaç duyacak şekilde hasar gördüğü rapor edilmiştir. Erzincan'da bir tane güçlü hareket sismometresi yerleştirilmiş ve 480gal PGA kaydedilmiştir.

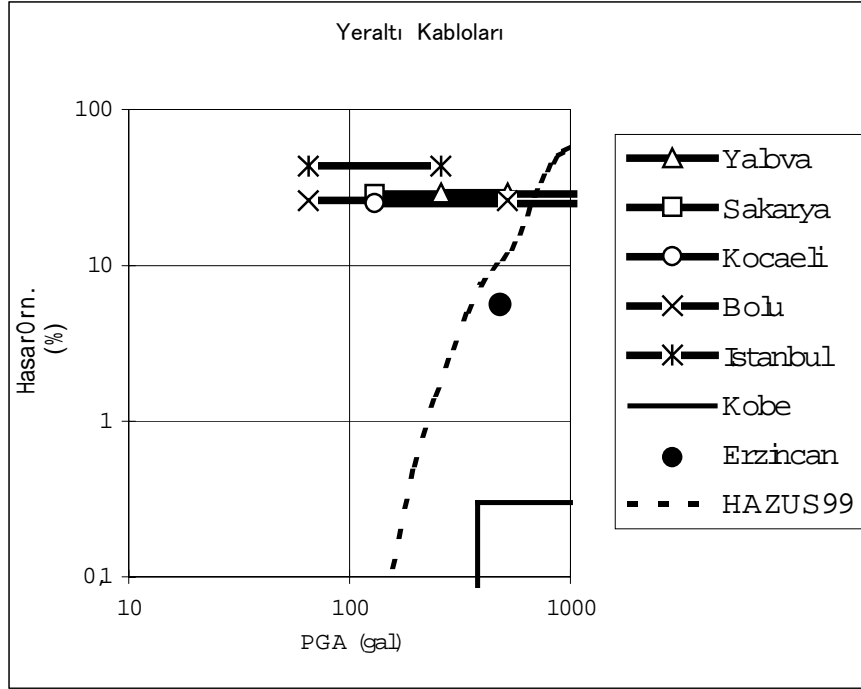
1995 Kobe Depreminde, sismik şiddetin (MMI) 8'den düşük olduğu alanlarda elektrik direkleri hasar görmemiştir. Diğer taraftan sismik şiddetin (MMI) 9 ve üstünde olduğu alanlardaki direklerin %0.55'i ve yeraltı kablolarının %0.3'ü hasar görmüştür. Bu hasar ve hasar fonksiyonu ATC-13 ve HAZUS99, Şekil 9.4.11 ve Şekil 9.4.12 'de gösterilmiştir.

Toprak üstü (havai) hatlar için, Türkiye'deki hasar Yalova'daki hariç ABD'dekinden çok fazla farklılık göstermemektedir. Aksine, İzmit depreminden dolayı yeraltı kablolarında meydana gelen hasar HAZUS99'dan çok daha fazla bir hasar oranı göstermektedir. Eğer yeraltı kabloları uygun şekilde yerleştirilirse yani boru yada koruyucu beton kanallar içine yerleştirilirse ise Kobe örneğinde görüldüğü gibi hasar oranı genellikle havai hatlardan daha az olmaktadır. O'Rourke *et al.* (2000) Türkiye'de özellikle kentsel alanlarda kabloların direkt olarak gömüldüğünü ve bu hatların zemin tahribatı, binaların temel tahribatı ve deprem sonrası kurtarma ve hafriyat çalışmaları dolayısıyla hasar gördüğünü belirtmektedir. Bundan dolayı, Şekil 9.4.12'de gösterilen, İzmit depreminden dolayı meydana gelmiş olan yeraltı kabloları hasarı deprem sonrası oluşan hasarları da içermektedir.

Türkiye'de gözlemlenen hasar ve mevcut hasar fonksiyonları temel alınarak havai kablolar için yeni bir hasar fonksiyonu oluşturulmuş Şekil 9.4.11'de gösterilmiş, ve hasar analizi için kullanılmıştır. Yeraltı kablo hasarı için, Erzincan'daki hasar temel alınarak HAZUS99 hasar fonksiyonu kullanılmıştır. Yüksek gerilim iletim hatlarının geçmiş deprem tecrübelerine dayanarak hasar görmeyeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 9.4.11 Havai Elektrik Kabloları Hasar Oranı ile PGA Arasındaki İlişki



Şekil 9.4.12 Yeraltı Elektrik Kabloları Hasar Oranı ile PGA Arasındaki İlişki

(2) Hesaplanan Hasar

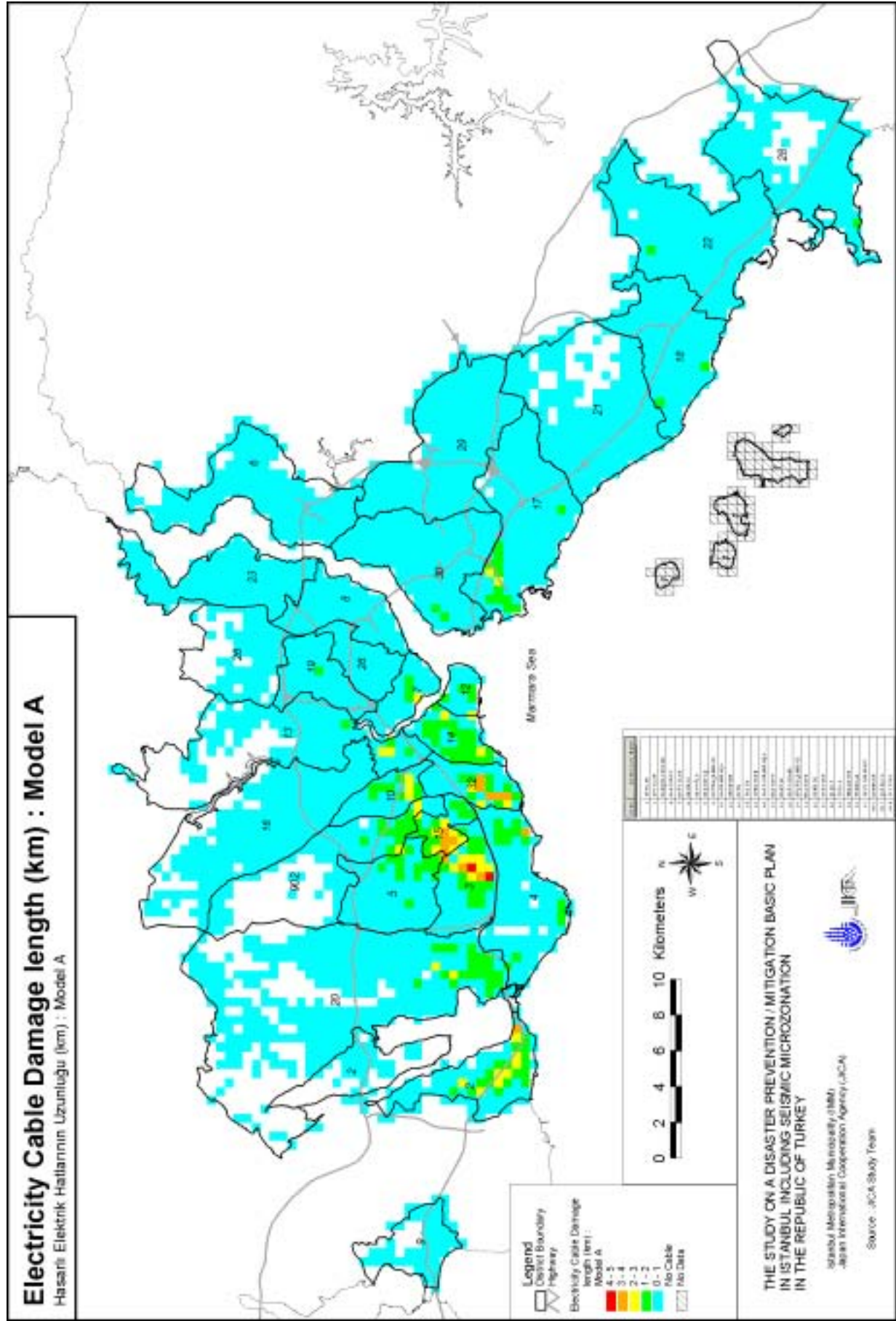
Hasar hesaplama tanımı Tablo 9.4.7 'de gösterilmiştir.

Tablo 9.4.7 Elektrik Kablosu Hasar Hesaplamasının Tanımı

Amaç	Dağıtım Hattı (Düşük ve Orta Gerilim)
Hasarın İçeriği	Kablo kopması
Hasarın Miktarı	Değiştirilmesi gereken kablo uzunluğu

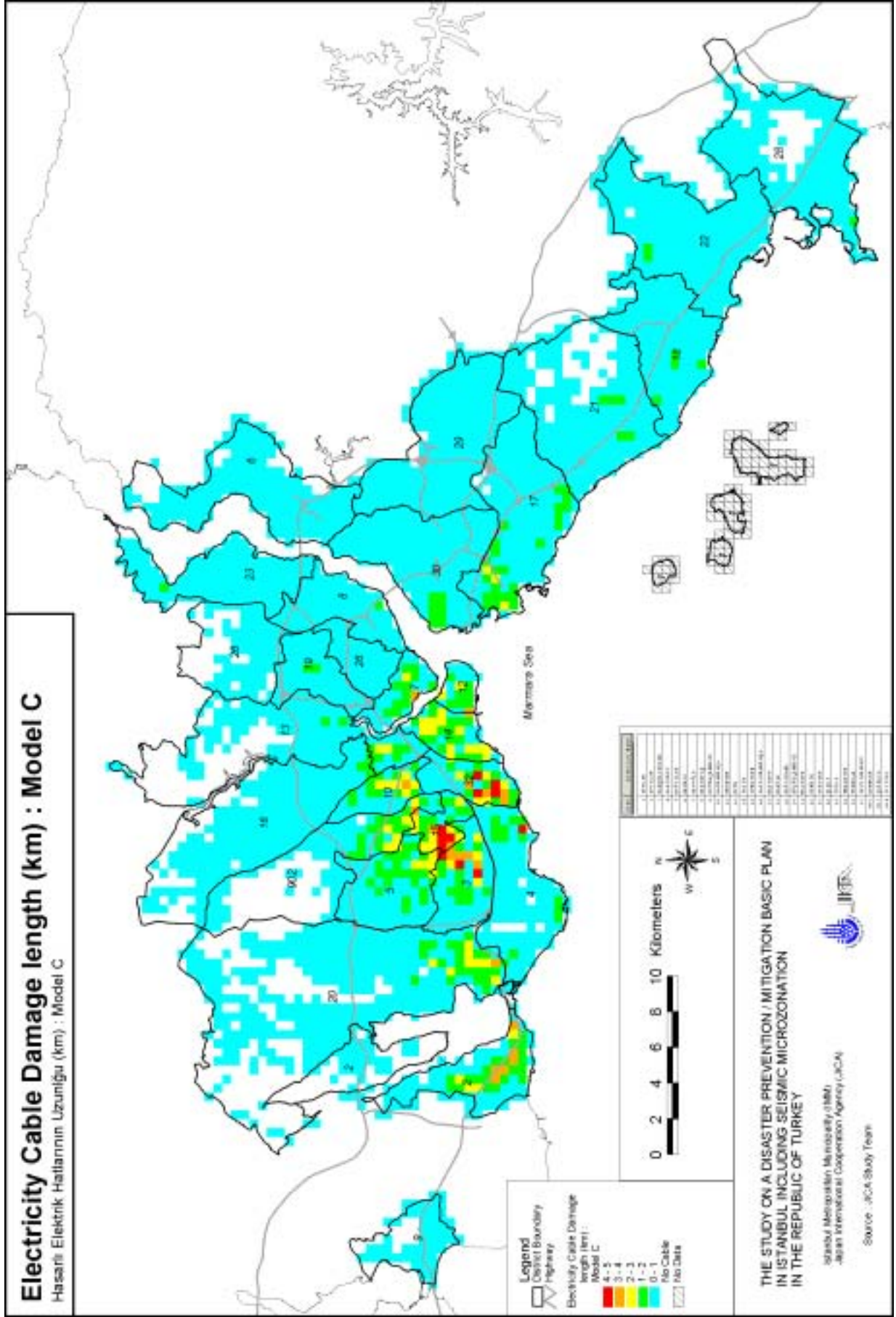
Herbir 500m gride hasar hesaplanmış ve Şekil 9.4.13 ile Şekil 9.4.14'de gösterilmiştir. Hasar ilçe bazında toplanmış ve Tablo 9.4.8 'de gösterilmiştir.

Model A ve Model C için hasar sırasıyla yaklaşık olarak 800 ve 1,100 km olarak hesaplanmıştır. Hasar Avrupa yakasında yoğunlaşmıştır. En fazla hasar Zeytinburnu, Güngören, ve Bahçelievler'de görülmektedir.



Şekil 9.4.13 Elektrik Kablo Hasarı Uzunluğu (km) : Model A





Şekil 9.4.14 Elektrik Kablo Hasarı Uzunluğu (km) : Model C

**Tablo 9.4.8 Elektrik Kablo Hasarı**

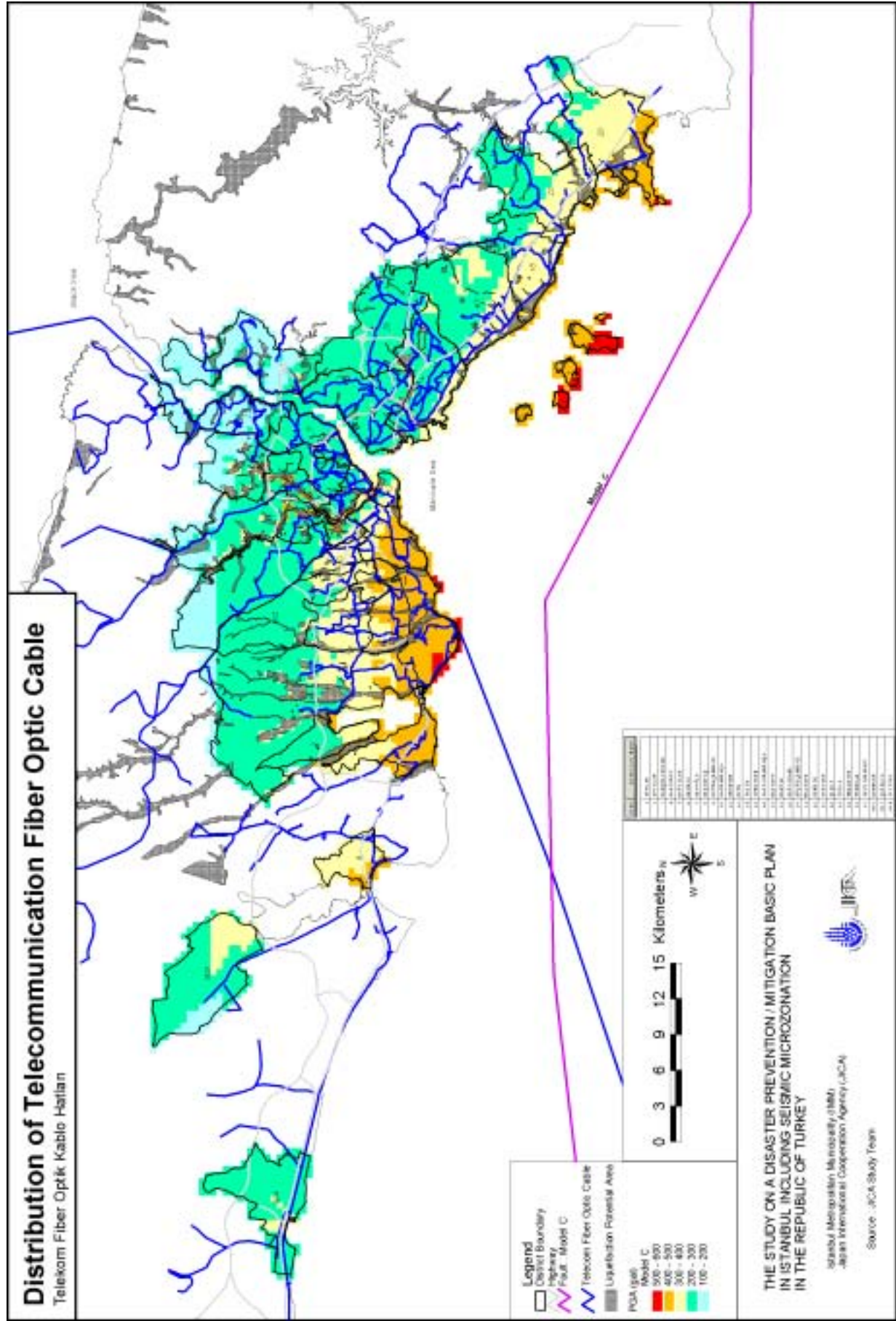
No	İlçe Adı	Kablo Uzunluğu			Hasarlı Kablo											
		YerÜstü(Hava) (km)	YerAltı (km)	Toplam (km)	Model A						Model C					
					YerÜstü (Hava)		Yer Altı		toplam		YerÜstü (Hava)		YerAltı		toplam	
					Uzunluk (km)	(%)	Uzunluk (km)	(%)	Uzunluk (km)	(%)	Uzunluk (km)	(%)	Uzunluk (km)	(%)	Uzunluk (km)	(%)
2	Avcılar	875	368	1,243	39	4.5	25	6.9	64	5.2	44	5.1	31	8.4	75	6.1
3	Bahçelievler	300	965	1,265	11	3.8	59	6.1	70	5.6	11	3.6	58	6.0	68	5.4
4	Bakırköy	195	408	604	9	4.9	34	8.3	43	7.2	9	4.9	36	8.7	45	7.5
5	Bağcılar	618	923	1,540	17	2.8	32	3.4	49	3.2	22	3.6	47	5.1	69	4.5
6	Beykoz	349	421	770	2	0.5	2	0.5	4	0.5	3	0.9	4	0.9	7	0.9
7	Beyoğlu	390	850	1,240	7	1.8	16	1.9	23	1.8	9	2.4	23	2.7	32	2.6
8	Beşiktaş	169	336	506	2	1.0	4	1.1	6	1.1	2	1.2	4	1.3	6	1.2
10	Bayrampaşa	556	474	1,030	13	2.3	14	2.9	27	2.6	18	3.3	22	4.6	40	3.9
12	Eminönü	23	397	419	1	2.9	14	3.6	15	3.5	1	3.3	18	4.6	19	4.5
13	Eyüp	659	529	1,188	12	1.8	12	2.3	24	2.0	16	2.4	17	3.2	33	2.8
14	Fatih	57	943	1,000	2	3.5	46	4.8	48	4.8	2	3.9	56	6.0	59	5.9
15	Güngören	181	706	887	7	3.9	41	5.8	48	5.4	8	4.4	51	7.2	59	6.7
16	Gaziosmanpaşa	1,152	761	1,913	11	1.0	7	0.9	18	1.0	18	1.6	12	1.6	30	1.6
17	Kadıköy	1,490	1,794	3,284	29	1.9	35	2.0	64	2.0	38	2.5	52	2.9	89	2.7
18	Kartal	433	522	955	12	2.8	17	3.2	29	3.0	14	3.3	23	4.3	37	3.8
19	Kağıthane	465	498	963	5	1.0	6	1.3	11	1.2	7	1.6	9	1.8	16	1.7
20	Küçükçekmece	691	1,084	1,775	17	2.5	44	4.1	61	3.5	23	3.4	65	6.0	88	5.0
21	Maltepe	610	735	1,345	14	2.3	18	2.5	32	2.4	18	3.0	27	3.7	45	3.4
22	Pendik	600	723	1,324	13	2.1	16	2.2	29	2.2	16	2.7	23	3.2	40	3.0
23	Sarıyer	1,505	1,212	2,717	6	0.4	4	0.4	10	0.4	9	0.6	7	0.6	17	0.6
26	Şişli	500	648	1,149	4	0.8	5	0.8	9	0.8	6	1.2	8	1.3	14	1.2
28	Tuzla	205	247	452	7	3.2	10	4.2	17	3.8	8	3.7	14	5.6	21	4.7
29	Ümraniye	601	724	1,325	5	0.8	6	0.8	10	0.8	8	1.3	9	1.2	17	1.3
30	Üsküdar	928	1,118	2,046	11	1.2	12	1.1	23	1.1	17	1.8	19	1.7	36	1.8
32	Zeytinburnu	310	603	912	12	3.7	37	6.1	48	5.3	15	4.7	51	8.4	65	7.1
902	Esenler	630	562	1,192	16	2.5	18	3.2	34	2.8	20	3.2	25	4.5	45	3.8
Toplam		14,492	18,551	33,044	282	1.9	535	2.9	817	2.5	364	2.5	711	3.8	1,075	3.3

#### 9.4.5. Telekomünikasyon Kabloları

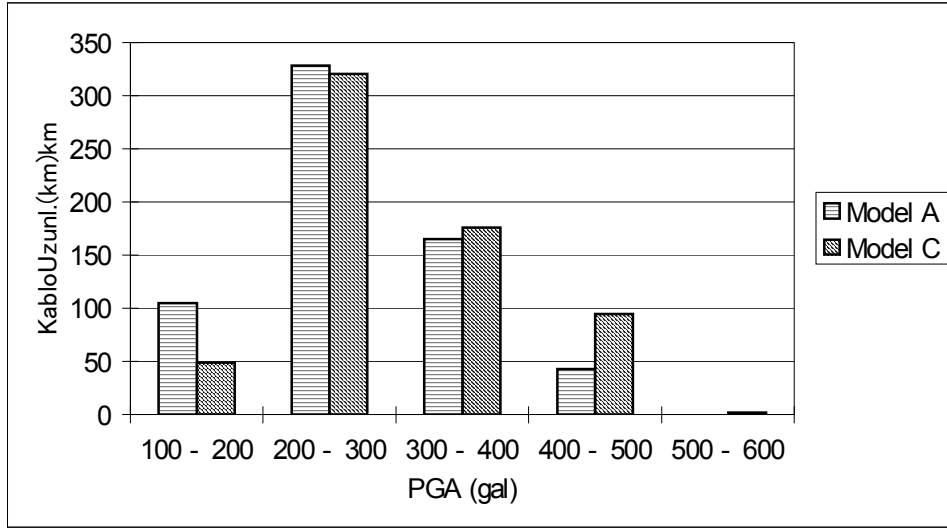
Telekomünikasyon kabloları ile ilgili olarak, sadece ana fiber optik kablo sistemiyle ilgili GIS verisi mevcuttur. Diğer bakır kablo ve bağlantılar ile ilgili veri Çalışma Alanı içerisindeki toplam uzunluklarıyla ilgili olarak dahi toplanamamıştır.

Genellikle, fiber optik kabloların deprem sırasındaki hasargörebilirlikleri yeterince bilinmemektedir. Geçmiş depremlere dayanan sayısal hasar istatistikleri hasar hesaplamalarında kullanılacak olan hasargörebilirlik fonksiyonunu geliştirebilmek için gereklidir. Fakat fiber optik kablo hasarı tecrübeleri sadece Türkiye’de değil diğer ülkelerde de çok azdır. Türkiye’deki mevcut tek bilgi İzmit depremi sırasında İzmit’in doğusundan geçen fay hasarıdır (Erdik, Online).

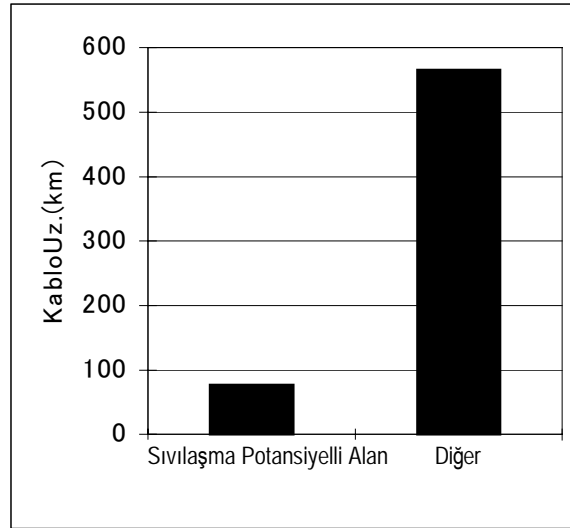
Bundan dolayı, fiber optik kablo hasarlarını sayısal olarak hesaplamak mümkün değildir. Fakat eğer deprem hareketi fazla ise yada sınılaşma meydana gelirse buralarda hasargörebilirliğin daha fazla olacağı işaret edilebilir Şekil 9.4.15 Model C için PGA dağılımı ve sınılaşma potansiyeli alanları ile fiber optik kablo lokasyonunu göstermektedir. Göreceli olarak hasargörebilir kesitler bu haritada görülebilir. Şekil 9.4.16 ve Şekil 9.4.17’de PGA aralığı ve sınılaşma potansiyeli ile kablo uzunluk dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 9.4.15 Telekomünikasyon Fiber Optik Kablo Dağılımı



**Şekil 9.4.16 Fiber Optik Kablo boyunca PGA Özeti**



**Şekil 9.4.17 Fiber Optik Kablo boyunca Sıvılaşma Potansiyelli Alan Özeti**

**Referanslar: (Kısım 9.4)**

Disaster Prevention Council of the Tokyo Metropolitan Area, 1997, Report on the Damage Estimation in Tokyo by the Earthquake Right Under the Area. (in Japanese)

Erdik, M., Online, Report on 1999 Kocaeli and Düzce (Turkey) Earthquake, <http://www/koeri.boun.edu.tr/depremmuh/kocaeloreport.pdf>.

FEMA, 1999, Earthquake Loss Estimation Methodology, HAZUS99 Technical Manual, National Institute of Building Science, Washington, D. C.

Isoyama, R. E. Ishida, K. Yune and T. Sirozu, 1998, Seismic Damage Estimation Procedure for Water Pipes, Proceedings of 10th Japan Earthquake Engineering Symposium. (in Japanese with English abstract)

Japan Waterworks Association, 1998, Seismic Damage Estimation Procedure for Water Pipes. (in Japanese)

Kabeyasawa, T., K. Kusu and S. Kono edited, 2001, Inventory Survey in Golcuk and Degirmendere, Report on the Damage Investigation of the 1999 Kocaeli Earthquake in Turkey, Architectural Institute of Japan, Japan Society of Civil Engineers and The Japan Geotechnical Society, pp. 200-251.

Kawakami, H., S. Morichi and M. Yoshimine, 1993, Damage to Civil Engineering Structures, Damage Report on 1992 Erzincan Earthquake, Turkey, Joint Reconnaissance Team of Architectural Institute of Japan, Japan Society of Civil Engineers and Bogazici University, Istanbul, Turkey.

Kubo, K. and T. Katayama, 1975, Chap.7 Damage Estimation of Underground Water Supply Pipeline, Investigation Study Report on the Earthquake Disaster Prevention of Kawasaki City. (in Japanese)

Kudo, K., T. Kanno, H. Okada, O. Özel, M. Erdik, T. Sasatani, S. Higashi, M. Takahashi and K. Yoshida, 2002, Site Specific Issues for Strong Ground Motions during the Kocaeli, Turkey Earthquake of August 17, 1999, as Inferred from Array Observations of Microtremors and Aftershocks, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 92, No. 1.

O'Rourke, M. J. and G. Alaya, 1993, Pipeline Damage Due to Wave Propagation, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 119, No. 9, pp.1490-1498.

- O'Rourke, T. D., F. H. Erdogan, W. U. Savage, L. V. Lund and A. T. Manager, 2000, Water, Gas, Electric Power, and Telecommunications Performance, Earthquake Spectra, Supplement A to Vol.16, 1999 Kocaeli, Turkey, Earthquake Reconnaissance Report, pp. 377-402.
- Sarıkaya, H. Z., and I. Koyuncu, 1999, Evaluation of the Effects of Kocaeli Earthquake on Water and Wastewater Systems, Proceedings of ITU-IAHS International Conference on the Kocaeli Earthquake 17 August 1999, December 2-5, 1999, ITU.
- Tohma, J., R. Isoyama, S. Tanaka and M. Miyajima, 2001, Damage to Lifelines, Report on the Damage Investigation of the 1999 Kocaeli Earthquake in Turkey, Architectural Institute of Japan, Japan Society of Civil Engineers and The Japan Geotechnical Society, pp. 194-199.
- Toprak, S., 1998, Earthquake Effects on Buried Lifeline Systems, Doctoral Dissertation Presented to Cornell University.
- Trifunac, M. D. and A. G. Brady, 1975, On the correlation of seismic intensity scales with the peaks of recorded strong ground motion, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 65, No. 1.